



(19)

Generated Document.

(11) Publication number:

2003234085 A

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 2002351523

(51) Intl. Cl.: H01J 61/30 F21S 2/00 F21S 8/10 H01J 61/06 H01J 61/12
H01J 61/20 H01J 61/36

(22) Application date: 03.12.02

(30) Priority: 05.12.01 JP 2001371365

(43) Date of application publication: 22.08.03

(84) Designated contracting states:

(71) Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(72) Inventor:
HATAOKA SHINICHIRO
TAKAHASHI KIYOSHI
KANEKO YURIKO
HORIUCHI MAKOTO
KAI MAKOTO
ICHIBAGASE TAKESHI
SEKI SATOYUKI

(74) Representative:

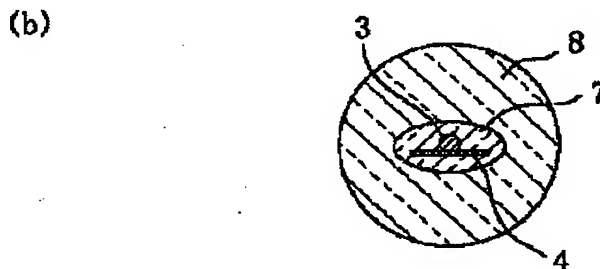
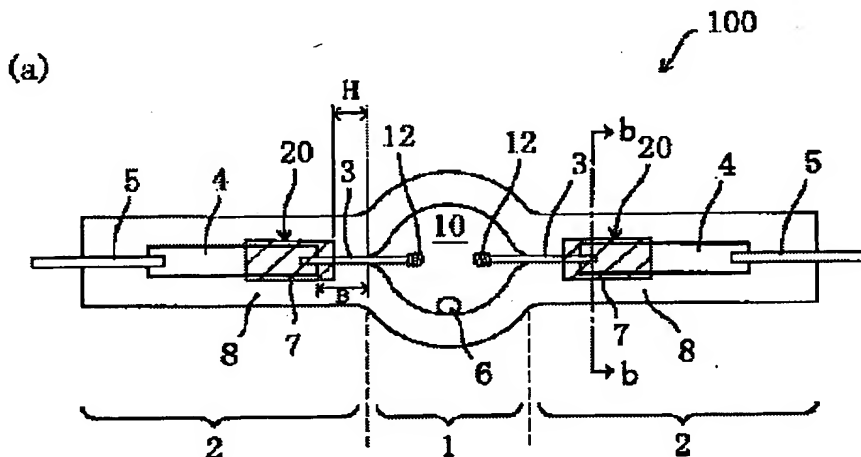
(54) HIGH PRESSURE ELECTRIC DISCHARGE LAMP AND LAMP UNIT

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high pressure electric discharge lamp having a high breakdown voltage.

SOLUTION: The high pressure electric discharge lamp 100 comprises a light emission tube 1 which encapsulates a light emission material 6 and sealing sections 2 which maintains the airtightness of the light emission tube 1. Each of the sealing sections 2 comprises a first glass section 8 extended from the light emission tube 1, and a second glass section 7 provided at least in part of the inside part of the first glass section 8. Each sealing section 2 has a part (7) applied with compressive stress.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-234085
(P2003-234085A)

(43) 公開日 平成15年8月22日 (2003.8.22)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 1 J 61/30		H 0 1 J 61/30	R 3 K 0 4 2
F 2 1 S 2/00		61/06	B 5 C 0 1 5
8/10		61/12	A 5 C 0 4 3
H 0 1 J 61/06		61/20	V
61/12		61/36	B
審査請求 有 請求項の数20 O L (全 31 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2002-351523(P2002-351523)

(22) 出願日 平成14年12月3日 (2002.12.3)

(31) 優先権主張番号 特願2001-371365(P2001-371365)

(32) 優先日 平成13年12月5日 (2001.12.5)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 畑岡 真一郎

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 高橋 清

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100077931

弁理士 前田 弘 (外7名)

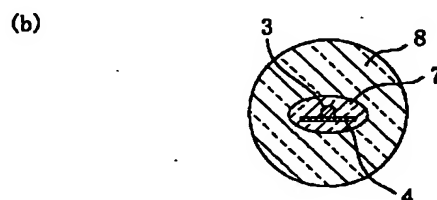
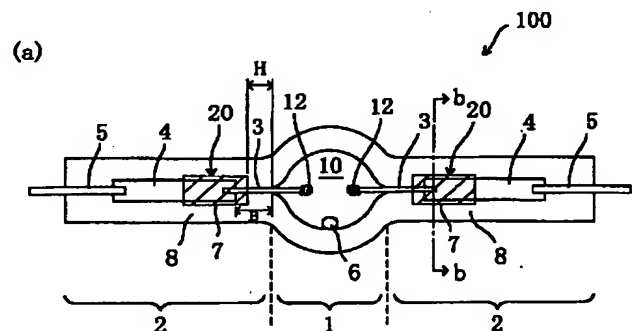
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高圧放電ランプおよびランプユニット

(57) 【要約】

【課題】 高い耐圧強度を有する高圧放電ランプを提供すること

【解決手段】 管内に発光物質6が封入される発光管1と、発光管1の気密性を保持する封止部2とを備えた高圧放電ランプ100である。封止部2は、発光管1から延在した第1のガラス部8と、第1のガラス部8の内側の少なくとも一部に設けられた第2のガラス部7とを有しており、そして、封止部2は、圧縮応力が印加されている部位(7)を有している。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 管内に発光物質が封入される発光管と、前記発光管の気密性を保持する封止部とを備え、前記封止部は、前記発光管から延在した第 1 のガラス部と、前記第 1 のガラス部の内側の少なくとも一部に設けられた第 2 のガラス部とを有しており、かつ、前記封止部は、圧縮応力が印加されている部位を有している、高圧放電ランプ。

【請求項 2】 前記圧縮応力が印加されている部位は、前記第 2 のガラス部、前記第 2 のガラス部と前記第 1 ガラス部との境界部、前記第 2 ガラス部のうちの前記第 1 のガラス部側の部分、および、前記第 1 ガラス部のうちの前記第 2 のガラス部側の部分からなる群から選択される、請求項 1 に記載の高圧放電ランプ。

【請求項 3】 前記第 1 のガラス部と前記第 2 のガラス部との境界周辺には、両者の圧縮応力の差によって生じた、歪み境界領域が存在している、請求項 1 に記載の高圧放電ランプ。

【請求項 4】 前記封止部内には、前記第 2 のガラス部と接する金属部であって、電力を供給するための金属部が設けられている、請求項 1 から 3 の何れか一つに記載の高圧放電ランプ。

【請求項 5】 前記圧縮応力は、前記封止部の少なくとも長手方向に印加されている、請求項 1 から 4 の何れか一つに記載の高圧放電ランプ。

【請求項 6】 前記第 1 のガラス部は、 SiO_2 を 99 重量%以上含み、前記第 2 のガラス部は、15 重量%以下の Al_2O_3 および 4 重量%以下の B のうちの少なくとも一方と、 SiO_2 とを含む、請求項 1 から 5 の何れか一つに記載の高圧放電ランプ。

【請求項 7】 前記第 2 のガラス部の軟化点は、第 1 のガラス部の軟化点温度よりも低い、請求項 1 から 5 の何れか一つに記載の高圧放電ランプ。

【請求項 8】 前記第 2 のガラス部は、ガラス管から形成されたガラス部である、請求項 1 から 7 の何れか一つに記載の高圧放電ランプ。

【請求項 9】 前記第 2 のガラス部は、ガラス粉末を圧縮形成して焼結してなるガラス部ではない、請求項 1 から 7 の何れか一つに記載の高圧放電ランプ。

【請求項 10】 前記発光管からは、一對の前記封止部が延在しており、前記一對の封止部のそれぞれが、前記第 1 のガラス部と前記第 2 のガラス部とを有しており、前記一對の封止部のそれぞれが、圧縮応力が印加されている部位を有している、請求項 1 から 9 の何れか一つに記載の高圧放電ランプ。

【請求項 11】 前記圧縮応力が印加されている部位における前記圧縮応力は、約 10 kgf/cm^2 以上約 50 kgf/cm^2 以下である、請求項 1 から 10 の何れ

2

か一つに記載の高圧放電ランプ。

【請求項 12】 前記圧縮応力の差は、約 10 kgf/cm^2 以上約 50 kgf/cm^2 以下である、請求項 3 に記載の高圧放電ランプ。

【請求項 13】 前記発光管内には、一對の電極棒が互いに対向して配置されており、前記一對の電極棒のうちの少なくとも一方の電極棒は、金属箔に接続されており、前記金属箔は、前記封止部内に設けられており、かつ、当該金属箔の少なくとも一部は、前記第 2 のガラス部内に位置している、請求項 1 から 12 の何れか一つに記載の高圧放電ランプ。

【請求項 14】 前記発光物質として、少なくとも水銀が前記発光管内に封入されており、前記水銀の封入量は、 300 mg/cc 以上である、請求項 13 に記載の高圧放電ランプ。

【請求項 15】 前記高圧放電ランプは、平均演色評価数 R_a が 65 を超える高圧水銀ランプである、請求項 14 に記載の高圧放電ランプ。

【請求項 16】 前記高圧水銀ランプの色温度は、 8000 K 以上である、請求項 14 に記載の高圧放電ランプ。

【請求項 17】 前記高圧放電ランプは、前記発光物質として少なくとも金属ハロゲン化物を含むメタルハライドランプである、請求項 1 から 13 の少なくとも一つに記載の高圧放電ランプ。

【請求項 18】 管内に一對の電極棒が配置された発光管と、前記発光管から延在し、前記発光管内の気密性を保持する一對の封止部とを備え、前記一對の電極棒のそれぞれの電極棒の一部は、前記一對の封止部のそれぞれの内に埋め込まれており、前記封止部は、前記発光管から延在した第 1 のガラス部と、前記第 1 のガラス部の内側の少なくとも一部に設けられた第 2 のガラス部とを有しており、少なくとも一方の封止部は、圧縮応力が印加されている部位を有しており、前記圧縮応力が印加されている部位は、前記第 2 のガラス部、前記第 2 のガラス部と前記第 1 ガラス部との境界部、前記第 2 ガラス部のうちの前記第 1 のガラス部側の部分、および、前記第 1 ガラス部のうちの前記第 2 のガラス部側の部分からなる群から選択され、前記第 2 のガラス部には、前記封止部の少なくとも長手方向への圧縮応力が存在しており、前記少なくとも一方の封止部内に埋め込まれた部分における前記電極棒の少なくとも一部の表面には、Pt、Ir、Rh、Ru、Re からなる群から選択される少なくとも 1 種の金属から構成された金属膜が形成されている、高圧放電ランプ。

【請求項 19】 管内に一對の電極棒が配置された発光

管と、
前記発光管から延在し、前記発光管内の気密性を保持する一対の封止部とを備え、
一対の電極棒のそれぞれの電極棒の一部は、前記一対の封止部のそれぞれの内に埋め込まれており、
前記封止部の少なくとも一方は、前記発光管から延在した第1のガラス部と、前記第1のガラス部の内側の少なくとも一部に設けられた第2のガラス部とを有しており、
前記少なくとも一方の封止部は、圧縮応力が印加されている部位を有しており、前記圧縮応力が印加されている部位は、前記第2のガラス部、前記第2のガラス部と前記第1ガラス部との境界部、前記第2ガラス部のうちの前記第1のガラス部側の部分、および、前記第1ガラス部のうちの前記第2のガラス部側の部分からなる群から選択され、
前記少なくとも一方の封止部内に埋め込まれた部分における前記電極棒の少なくとも一部には、Pt、Ir、Rh、Ru、Reからなる群から選択される少なくとも1種の金属を少なくとも表面に有するコイルが巻かれている、高圧放電ランプ。

【請求項20】 前記一対の電極棒のそれぞれは、前記一対の封止部のそれぞれの内部に設けられた金属箔に接続されており、
前記少なくとも一方の封止部内に設けられた金属箔の少なくとも一部は、前記第2のガラス部内に位置している、請求項18または19に記載の高圧放電ランプ。

【請求項21】 前記第2のガラス部は、15重量%以下の Al_2O_3 および4%以下のBのうちの少なくとも一方と、 SiO_2 とを含み、
前記第1のガラス部は、 SiO_2 を99重量%以上含み、
前記第2のガラス部の軟化点は、第1のガラス部の軟化点温度よりも低く、
前記第2のガラス部は、ガラス粉末を圧縮形成して焼結してなるものではない、請求項18から20の何れか一つに記載の高圧放電ランプ。

【請求項22】 前記圧縮応力が印加されている部位における前記圧縮応力は、約 $10\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上約 $50\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以下である、請求項18から21の何れか一つに記載の高圧放電ランプ。

【請求項23】 前記発光管内に、発光物質として少なくとも水銀が封入されており、
前記水銀の封入量は、 $300\text{mg}/\text{cc}$ 以上である、請求項18から22の何れか一つに記載の高圧放電ランプ。

【請求項24】 前記高圧放電ランプは、前記発光物質として少なくとも金属ハロゲン化物を含むメタルハライドランプである、請求項18から23の何れか一つに記載の高圧放電ランプ。

【請求項25】 管内に発光物質が封入される発光管と、
前記発光管の気密性を保持する封止部とを備え、
前記封止部は、前記発光管から延在した第1のガラス部と、前記第1のガラス部の内側の少なくとも一部に設けられた第2のガラス部とを有しており、
光弾性効果を利用した鋭敏色板法による歪み測定を実行すると、前記封止部のうち、前記第2のガラス部に相当する領域の少なくとも一部に、圧縮応力が観察される、高圧放電ランプ。

【請求項26】 前記歪み測定は、東芝製のSVP-200の歪検査器を用いて行われる、請求項25に記載の高圧放電ランプ。

【請求項27】 請求項1から26の何れか一つに記載の高圧放電ランプと、前記高圧放電ランプから発する光を反射する反射鏡とを備えた、ランプユニット。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高圧放電ランプおよびランプユニットに関する。特に、一般照明や、反射鏡と組み合わせるプロジェクター、自動車の前照灯などの用途に使用される高圧放電ランプに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、大画面映像を実現するシステムとして液晶プロジェクタやDMDプロジェクタなどの画像投影装置が広く用いられており、このような画像投影装置には、高い輝度を示す高圧放電ランプが一般的に広く使用されている。従来の高圧放電ランプ1000の構成を図40に模式的に示す。図40に示したランプ1000は、いわゆる超高圧水銀ランプであり、例えば、特許文献1に開示されている。

【0003】ランプ1000は、石英ガラスから構成された発光管（バルブ）101と、発光管101の両端から延在する一対の封止部（シール部）102とを有している。発光管101の内部（放電空間）には、発光物質（水銀）106が封入されており、そして、タングステンを材料とする一対のタングステン電極（W電極）103が一定の間隔をおいて互いに対向して配置されている。W電極103の一端は、封止部102内のモリブデン箔（Mo箔）104と溶接されており、W電極103とMo箔104とは電氣的に接続されている。Mo箔104の一端には、モリブデンから構成された外部リード（Mo棒）105が電氣的に接続されている。なお、発光管101内には、水銀106の他に、アルゴン（Ar）および少量のハロゲンも封入されている。

【0004】ランプ1000の動作原理を簡単に説明すると、外部リード105およびMo箔104を介してW電極103、103間に始動電圧が印加されると、アルゴン（Ar）の放電が起こり、この放電によって発光管101の放電空間内の温度が上昇し、それによって水銀

106が加熱・気化される。その後、W電極103、103間のアーク中心部で水銀原子が励起されて発光する。ランプ1000の水銀蒸気圧が高いほど放射光も多くなるため、水銀蒸気圧が高いほど画像投影装置の光源として適しているが、発光管110の物理的耐圧強度の観点から、15~20MPa(150~200気圧)の範囲の水銀蒸気圧でランプ1000は使用されている。

【0005】なお、関連する文献として後述する特許文献2がある。

【0006】

【特許文献1】特開平2-148561号公報

【特許文献2】特開2001-23570号公報

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記従来のランプ1000は、20MPa程度の耐圧強度を有するものであるが、ランプ特性をさらに向上させるべく、耐圧強度をより高める研究・開発が行われている(例えば、特許文献2など参照)。これは、今日、より高性能の画像投影装置を実現する上で、より高出力・高電力のランプが求められており、この要求を満たすべく、より耐圧強度の高いランプが必要となっているからである。

【0008】さらに説明すると、高出力・高電力のランプの場合、電流の増大に伴って電極の蒸発が早くなることを抑制するために、通常よりもさらに多くの水銀を封入して、ランプ電圧を高くする必要がある。ランプ電力に対して封入水銀量が足りなければ、必要なレベルまでランプ電圧を高くできないため、ランプ電流が増大してしまい、その結果、電極が早く蒸発してしまうので、実用的なランプは実現できない。言い換えると、高出力のランプを実現する観点から見れば、ランプ電力を高くし、そして、電極間距離が従来のものよりもさらに短いショートアーク型のランプを作製すればよいのであるが、実際に、高出力・高電力のランプを作製する上では、耐圧強度を向上させて、封入水銀量を増やすことが必要となるのである。そして、今日の技術において、極めて高い耐圧強度(例えば、30MPa程度以上)で、実用化可能な高圧放電ランプは、まだ実現されていない。

【0009】本発明はかかる諸点に鑑みてなされたものであり、その主な目的は、従来の高圧放電ランプよりも、高い耐圧強度を有する高圧放電ランプを提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明による第1の高圧放電ランプは、管内に発光物質が封入される発光管と、前記発光管の気密性を保持する封止部とを備え、前記封止部は、前記発光管から延在した第1のガラス部と、前記第1のガラス部の内側の少なくとも一部に設けられた第2のガラス部とを有しており、かつ、前記封止部は、圧縮応力が印加されている部位を有している。

【0011】前記圧縮応力が印加されている部位は、前記第2のガラス部、前記第2のガラス部と前記第1ガラス部との境界部、前記第2ガラス部のうちの前記第1のガラス部側の部分、および、前記第1ガラス部のうちの前記第2のガラス部側の部分からなる群から選択された部分であればよい。

【0012】前記第1のガラス部と前記第2のガラス部との境界周辺には、両者の圧縮応力の差によって生じた、歪み境界領域が存在していてもよい。

10 【0013】前記封止部内には、前記第2のガラス部と接する金属部であって、電力を供給するための金属部が設けられていることが好ましい。

【0014】前記圧縮応力は、前記封止部の少なくとも長手方向に印加されていればよい。

【0015】前記第1のガラス部は、SiO₂を99重量%以上含み、前記第2のガラス部は、15重量%以下のAl₂O₃および4重量%以下のBのうちの少なくとも一方と、SiO₂とを含むことが好ましい。

20 【0016】前記第2のガラス部の軟化点は、第1のガラス部の軟化点温度よりも低いことが好ましい。

【0017】前記第2のガラス部は、ガラス管から形成されたガラス部であることが好ましい。

【0018】前記第2のガラス部は、ガラス粉末を圧縮形成して焼結してなるガラス部ではないことが好ましい。

30 【0019】ある好適な実施形態において、前記発光管からは、一対の前記封止部が延在しており、前記一対の封止部のそれぞれが、前記第1のガラス部と前記第2のガラス部とを有しており、前記一対の封止部のそれぞれが、圧縮応力が印加されている部位を有している。

【0020】ある好適な実施形態において、前記圧縮応力が印加されている部位における前記圧縮応力は、約10kgf/cm²以上約50kgf/cm²以下である。

【0021】ある好適な実施形態において、前記圧縮応力の差は、約10kgf/cm²以上約50kgf/cm²以下である。

40 【0022】ある好適な実施形態において、前記発光管内には、一対の電極棒が互いに対向して配置されており、前記一対の電極棒のうちの少なくとも一方の電極棒は、金属箔に接続されており、前記金属箔は、前記封止部内に設けられており、かつ、当該金属箔の少なくとも一部は、前記第2のガラス部内に位置している。

【0023】ある好適な実施形態において、前記発光物質として、少なくとも水銀が前記発光管内に封入されており、前記水銀の封入量は、300mg/cc以上である。

【0024】ある好適な実施形態において、前記高圧放電ランプは、平均演色評価数Raが65を超える高圧水銀ランプである。

50 【0025】前記高圧水銀ランプの色温度は、8000

K以上であることが好ましい。

【0026】前記高圧放電ランプは、前記発光物質として少なくとも金属ハロゲン化物を含むメタルハライドランプであってもよい。

【0027】本発明による第2の高圧放電ランプは、管内に一对の電極棒が配置された発光管と、前記発光管から延在し、前記発光管内の気密性を保持する一对の封止部とを備え、前記一对の電極棒のそれぞれの電極棒の一部は、前記一对の封止部のそれぞれの内に埋め込まれており、前記封止部は、前記発光管から延在した第1のガラス部と、前記第1のガラス部の内側の少なくとも一部に設けられた第2のガラス部とを有しており、前記少なくとも一方の封止部は、圧縮応力が印加されている部位を有しており、前記圧縮応力が印加されている部位は、前記第2のガラス部、前記第2のガラス部と前記第1ガラス部との境界部、前記第2ガラス部のうちの前記第1のガラス部側の部分、および、前記第1ガラス部のうちの前記第2のガラス部側の部分からなる群から選択され、前記第2のガラス部には、前記封止部の少なくとも長手方向への圧縮応力が存在しており、前記少なくとも一方の封止部内に埋め込まれた部分における前記電極棒の少なくとも一部の表面には、Pt、Ir、Rh、Ru、Reからなる群から選択される少なくとも1種の金属から構成された金属膜が形成されている。

【0028】本発明による第3の高圧放電ランプは、管内に一对の電極棒が配置された発光管と、前記発光管から延在し、前記発光管内の気密性を保持する一对の封止部とを備え、前記一对の電極棒のそれぞれの電極棒の一部は、前記一对の封止部のそれぞれの内に埋め込まれており、前記封止部の少なくとも一方は、前記発光管から延在した第1のガラス部と、前記第1のガラス部の内側の少なくとも一部に設けられた第2のガラス部とを有しており、前記少なくとも一方の封止部は、圧縮応力が印加されている部位を有しており、前記圧縮応力が印加されている部位は、前記第2のガラス部、前記第2のガラス部と前記第1ガラス部との境界部、前記第2ガラス部のうちの前記第1のガラス部側の部分、および、前記第1ガラス部のうちの前記第2のガラス部側の部分からなる群から選択され、前記少なくとも一方の封止部内に埋め込まれた部分における前記電極棒の少なくとも一部には、Pt、Ir、Rh、Ru、Reからなる群から選択される少なくとも1種の金属を少なくとも表面に有するコイルが巻かれている。

【0029】ある好適な実施形態において、前記一对の電極棒のそれぞれの、前記一对の封止部のそれぞれの内部に設けられた金属箔に接続されており、前記少なくとも一方の封止部内に設けられた金属箔の少なくとも一部は、前記第2のガラス部内に位置している。

【0030】ある好適な実施形態において、前記第2のガラス部は、15重量%以下の Al_2O_3 および4%以下

のBのうちの少なくとも一方と、 SiO_2 とを含み、前記第1のガラス部は、 SiO_2 を99重量%以上含み、前記第1のガラス部の軟化点は、第1のガラス部の軟化点温度よりも低く、前記第1のガラス部は、ガラス粉末を圧縮形成して焼結してなるものではない。

【0031】ある好適な実施形態において、前記圧縮応力が印加されている部位における前記圧縮応力は、約 10 kgf/cm^2 以上約 50 kgf/cm^2 以下である。

【0032】ある好適な実施形態において、前記発光管内に、発光物質として少なくとも水銀が封入されており、前記水銀の封入量は、 300 mg/cc 以上である。

【0033】前記高圧放電ランプは、前記発光物質として少なくとも金属ハロゲン化物を含むメタルハライドランプであってもよい。

【0034】ある実施形態における高圧放電ランプは、透光性の気密容器と、気密容器内に設けられた一对の電極と、前記気密容器に連結された一对の封止部とを備え、前記一对の封止部の少なくとも一方は、前記発光管から延在した第1のガラス部と、前記第1のガラス部の内側の少なくとも一部に設けられた第2のガラス部とを有しており、前記第2のガラス部には、前記封止部の少なくとも長手方向への圧縮応力が存在しており、前記気密容器内には、水銀が実質的に封入されてなく、かつ、少なくとも、第1のハロゲン化物と、第2のハロゲン化物と、希ガスとが封入されており、前記第1のハロゲン化物の金属は、発光物質であり、前記第2のハロゲン化物は、第1のハロゲン化物と比較して、蒸気圧が大きく、かつ、前記第1のハロゲン化物の金属と比較して、可視域において発光しにくい金属の1種または複数種のハロゲン化物である。

【0035】ある実施形態における高圧放電ランプは、透光性の気密容器と、気密容器内に設けられた一对の電極と、前記気密容器から延在した一对の封止部とを備え、前記一对の封止部の少なくとも一方は、前記発光管から延在した第1のガラス部と、前記第1のガラス部の内側の少なくとも一部に設けられた第2のガラス部とを有しており、前記第2のガラス部には、前記封止部の少なくとも長手方向への圧縮応力が存在しており、前記気密容器内には、水銀が実質的に封入されてなく、かつ、少なくとも、第1のハロゲン化物と、第2のハロゲン化物と、希ガスとが封入されており、前記第1のハロゲン化物は、ナトリウム、スカンジウム、および希土類金属からなる群から選択された1種または複数種のハロゲン化物であり、前記第2のハロゲン化物は、相対的に蒸気圧が大きく、かつ、前記第1のハロゲン化物の金属と比較して、可視域において発光しにくい金属の1種または複数種のハロゲン化物である。

【0036】本発明の実施形態における第1の高圧放電ランプの製造方法は、高圧放電ランプの発光管となる発

光管部と、前記発光管部から延在した側管部とを有する放電ランプ用ガラスパイプを用意する工程と、前記側管部にガラス管を挿入し、次いで、前記側管部を加熱して両者を密着させる工程と、前記側管部に密着した前記ガラス管内に、少なくとも電極棒を含む電極構造体を挿入し、次いで、前記側管部および前記ガラス管を加熱・収縮させて、前記電極構造体を封止する工程とを包含する。

【0037】本発明の実施形態における第2の高圧放電ランプの製造方法は、ガラス管内に、少なくとも電極棒を含む電極構造体を挿入する工程と、前記ガラス管の一部と、前記電極構造体の少なくとも一部とを密着させる工程と、高圧放電ランプの発光管となる発光管部と、前記発光管部から延在した側管部とを有する放電ランプ用ガラスパイプにおける側管部に、前記電極構造体の少なくとも一部が密着した前記ガラス管を挿入する工程と、前記側管部および前記ガラス管を加熱・収縮させることにより、前記電極構造体を封止する工程とを包含する。

【0038】ある好適な実施形態において、前記側管部は、 SiO_2 を99重量%以上含み、前記ガラス管は、15重量%以下の Al_2O_3 および4%以下のBのうちの少なくとも一方と、 SiO_2 とを含む。

【0039】前記ガラス管の軟化点は、前記側管部の軟化点温度よりも低いことが好ましい。

【0040】ある好適な実施形態において、前記電極構造体を封止する工程を実行することにより、前記ガラス管、前記ガラス管と前記側管部との境界部、前記ガラス管のうちの前記側管部側の部分、および、前記側管部のうちの前記ガラス管側の部分からなる群から選択される部分に、約 $10\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上約 $50\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以下の圧縮応力が、前記側管部の少なくとも長手方向に生じる。

【0041】ある好適な実施形態では、前記電極構造体を封止する工程を実行して、高圧放電ランプの封止部を完成させた後、当該封止部に熱を加えて、約 $10\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上約 $50\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以下の圧縮応力を前記封止部の一部に生じさせる。

【0042】前記電極構造体を封止する工程を実行して、高圧放電ランプの封止部を完成させた後、前記ガラス管の歪点温度よりも高い温度で、当該封止部を2時間以上、加熱する工程をさらに実行することが好ましい。

【0043】ある好適な実施形態において、前記電極構造体は、前記電極棒と、前記電極棒に接続された金属箔と、前記金属箔に接続された外部リードとから構成されている。

【0044】ある好適な実施形態において、前記電極棒の少なくとも一部に、Pt、Ir、Rh、Ru、Reからなる群から選択される少なくとも1種の金属から構成された金属膜が形成されている。

【0045】ある好適な実施形態では、Pt、Ir、R

h、Ru、Reからなる群から選択される少なくとも1種の金属を少なくとも表面に有するコイルが、前記電極棒の少なくとも一部に巻き付けられている。

【0046】ある好適な実施形態において、前記放電ランプ用ガラスパイプにおける前記側管部と前記発光管部との境界周辺には、前記側管部の内径が他の部分よりも小さくされた径小部が設けられている。

【0047】本発明の実施形態における高圧放電ランプは、高圧放電ランプの発光管となる発光管部から延在した側管部と、前記側管部に挿入されたガラス管との両者を加熱・密着して形成された封止部を、前記ガラス管の歪点温度よりも大きく前記側管部を構成するガラスの歪点温度よりも低い温度でアニール処理することによって得られたものを備えている。

【0048】本発明による第4の高圧放電ランプは、管内に発光物質が封入される発光管と、前記発光管の気密性を保持する封止部とを備え、前記封止部は、前記発光管から延在した第1のガラス部と、前記第1のガラス部の内側の少なくとも一部に設けられた第2のガラス部とを有しており、光弾性効果を利用した鋭敏色板法による歪み測定を実行すると、前記封止部のうち、前記第2のガラス部に相当する領域の少なくとも一部に、圧縮応力が観察される。

【0049】前記歪み測定は、東芝製のSVP-200の歪検査器を用いて行えばよい。

【0050】ある実施形態における電球は、管内に発光物質が封入されるバルブと、前記バルブ内の気密性を保持する封止部とを備え、前記封止部は、前記発光管から延在した第1のガラス部と、前記第1のガラス部の内側の少なくとも一部に設けられた第2のガラス部とを有しており、前記封止部は、圧縮応力が印加されている部位を有している。

【0051】本発明によるランプユニットは、上記高圧放電ランプと、前記高圧放電ランプから発する光を反射する反射鏡とを備えている。

【0052】本発明の高圧放電ランプにおいては、封止部が、発光管から延在した第1のガラス部と、前記第1のガラス部の内側の少なくとも一部に設けられた第2のガラス部とを有しており、かつ、封止部は、圧縮応力が印加されている部位を有している。この圧縮応力が印加されている部位の存在により、高圧放電ランプの耐圧強度を向上させることができる。

【0053】少なくとも一方の封止部内に埋め込まれた部分における電極棒の少なくとも一部の表面に、Pt、Ir、Rh、Ru、Reからなる群から選択される少なくとも1種の金属から構成された金属膜が形成されている場合には、電極棒の表面と、封止部のガラスとの間の濡れ性を悪くすることができるため、ランプ製造工程時において、両者の離れがよくなる。その結果、微細なクラックの発生を防止することが可能となり、ランプの耐

圧強度をさらに向上させることができる。また、少なくとも一方の封止部内に埋め込まれた部分における電極棒の少なくとも一部に、Pt、Ir、Rh、Ru、Reからなる群から選択される少なくとも1種の金属を少なくとも表面に有するコイルが巻かれている場合にも、微細なクラックの発生を防止することが可能となり、ランプの耐圧強度をさらに向上させることができる。

【0054】本発明は、高圧水銀ランプだけでなく、メタルハライドランプ、キセノンランプなどの他の高圧放電ランプに適用でき、そして、水銀の入っていない無水銀メタルハライドランプにも適用することができる。本発明による無水銀メタルハライドランプは、耐圧強度が高いがゆえに、希ガスを高圧封入でき、その結果、効率を簡便に向上させることができ、加えて、点灯の始動性も向上させることができる。なお、本発明は、高圧水銀ランプだけでなく、電球（例えば、ハロゲン電球）にも適用可能であり、それにより、従来のものよりも破裂の防止を図ることができる。

【0055】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら、本発明による実施形態を説明する。以下の図面においては、説明の簡潔化のため、実質的に同一の機能を有する構成要素を同一の参照符号で示す。なお、本発明は、以下の実施形態に限定されない。

（実施形態1）図1（a）および（b）は、本実施形態にかかるランプ100の構成を模式的に示している。本実施形態のランプ100は、管内に発光物質（6）が封入される発光管1と、発光管1から延在した封止部2とを備えた高圧放電ランプであり、図1に示したランプは、高圧水銀ランプである。図1（a）は、ランプ100の全体構成を模式的に示しており、図1（b）は、図1（a）中の線b-b線における発光管1側から見た封止部2の断面構成を模式的に示している。

【0056】ランプ100の封止部2は、発光管1の内側10の気密性を保持する部位であり、ランプ100は、封止部2を2つ備えたダブルエンド型のランプである。封止部2は、発光管1から延在した第1のガラス部（側管部）8と、第1のガラス部8の内側（中心側）の少なくとも一部に設けられた第2のガラス部7とを有しており、そして、封止部2は、圧縮応力が印加されている部位（7）を有しており、本実施形態において、圧縮応力が印加されている部位は、第2のガラス部7に相当する部分である。封止部2の断面形状は、図1（b）に示すように、略円形であり、封止部2内に、ランプ電力を供給するための金属部（4）が設けられている。この金属部（4）の一部は、第2のガラス部7と接しており、本実施形態では、第2のガラス7の中心部に金属部4が位置している。第2のガラス7は、封止部2の中心部に位置しており、第2のガラス部7の外周は、第1のガラス部8によって覆われている。

【0057】本実施形態のランプ100に対して、光弾性効果を利用した鋭敏色板法による歪み測定を実行して、封止部2を観察すると、第2のガラス部7に相当する部分に圧縮応力が存在していることが確認される。鋭敏色板法による歪み測定では、ランプ100の形状を維持したまま、封止部2を輪切り状にした断面内の歪み（応力）の観測を行うことができないのであるが、第2のガラス部7に相当する部分に圧縮応力が観測されたということは、第2のガラス部7の全体または大半に圧縮応力が印加されている場合の他、第2のガラス部7と第1ガラス部8との境界部に圧縮応力が印加されている場合、第2ガラス部7のうちの第1のガラス部8側の部分、または、第1ガラス部8のうちの第2のガラス部7側の部分に圧縮応力が印加されている場合のいずれか又はそれらが複合した形で、封止部2の一部に圧縮応力が印加されているということになる。また、この測定では、封止部2の長手方向に圧縮する応力（または歪み）は積分値で観測される。

【0058】封止部2における第1のガラス部8は、SiO₂を99重量%以上含むものであり、例えば、石英ガラスから構成されている。一方、第2のガラス部7は、15重量%以下のAl₂O₃および4重量%以下のBのうちの少なくとも一方と、SiO₂とを含むものであり、例えば、バイコールガラスから構成されている。SiO₂にAl₂O₃やBを添加すると、ガラスの軟化点は下げるため、第2のガラス部7の軟化点は、第1のガラス部8の軟化点温度よりも低い。なお、バイコールガラス（Vycor glass；商品名）とは、石英ガラスに添加物を混入させて軟化点を下げて、石英ガラスよりも加工性を向上させたガラスであり、例えば、ホウケイ酸ガラスを熱・化学処理して、石英の特性に近づけることによって作製することができる。バイコールガラスの組成は、例えば、シリカ（SiO₂）96.5重量%、アルミナ（Al₂O₃）0.5重量%、ホウ素（B）3重量%である。本実施形態では、バイコールガラス製のガラス管から、第2のガラス部7は形成されている。なお、バイコール製のガラス管の代わりに、SiO₂:62重量%、Al₂O₃:13.8重量%、CuO:23.7重量%を成分とするガラス管を用いても良い。

【0059】封止部2の一部に印加されている圧縮応力は、実質的にゼロ（すなわち、0kgf/cm²）を超えたものであればよい。なお、この圧縮応力は、ランプが点灯していない状態のものである。この圧縮応力の存在により、従来の構造よりも耐圧強度を向上させることができる。この圧縮応力は、約10kgf/cm²以上（約9.8×10⁵N/m²以上）であることが好ましい。そして、約50kgf/cm²以下（約4.9×10⁶N/m²以下）であることが好ましい。10kgf/cm²未満であると、圧縮歪みが弱く、ランプの耐圧強度を十分に上げられない場合が生じ得るからである。そ

して、 50 kgf/cm^2 を超えるような構成にするには、それを実現させるのに、実用的なガラス材料が存在しないからである。ただし、 10 kgf/cm^2 未満であっても、実質的に0の値を超えれば、従来の構造よりも耐圧を上げることができ、また、 50 kgf/cm^2 を超えるような構成を実現できる実用的な材料が開発されたならば、 50 kg/cm^2 を超える圧縮応力を第2のガラス部7が有していてもよい。

【0060】ランプ100を歪検査器で観測した結果から推測すると、第1のガラス部8と第2のガラス部7との間の境界周辺には、両者の圧縮応力の差によって生じた歪み境界領域20が存在していると思われる。このことは、圧縮応力は、専ら、第2のガラス部7（または、第2のガラス部7の外周近傍領域）に存在しており、第1のガラス部8全体には、第2のガラス部7の圧縮応力がそれほど（または、ほとんど）伝わっていないことを意味していると考えられる。両者（8、7）の圧縮応力の差は、例えば、約 10 kgf/cm^2 から約 50 kgf/cm^2 の範囲内となり得る。

【0061】ランプ100の発光管1は、略球形をしており、第1のガラス部8と同様に、石英ガラスから構成されている。なお、長寿命等の優れた特性を発揮する高圧水銀ランプ（特に、超高圧水銀ランプ）を実現する上では、発光管1を構成する石英ガラスとして、アルカリ金属不純物レベルの低い（例えば、 1 ppm 以下）高純度の石英ガラスを用いることが好ましい。なお、勿論、通常のアルカリ金属不純物レベルの石英ガラスを用いることも可能である。発光管1の外径は例えば $5 \text{ mm} \sim 20 \text{ mm}$ 程度であり、発光管1のガラス厚は例えば $1 \text{ mm} \sim 5 \text{ mm}$ 程度である。発光管1内の放電空間（10）の容積は、例えば $0.01 \sim 1 \text{ cc}$ 程度（ $0.01 \sim 1 \text{ cm}^3$ ）である。本実施形態では、外径 9 mm 程度、内径 4 mm 程度、放電空間の容量 0.06 cc 程度の発光管1が用いられる。

【0062】発光管1内には、一対の電極棒（電極）3が互いに対向して配置されている。電極棒3の先端は、 $0.2 \sim 5 \text{ mm}$ 程度（例えば、 $0.6 \sim 1.0 \text{ mm}$ ）の間隔（アーク長）Dで、発光管1内に配置されており、電極棒3のそれぞれは、タングステン（W）から構成されている。電極棒3の先端には、ランプ動作時における電極先端温度を低下させることを目的として、コイル12が巻かれている。本実施形態では、コイル12として、タングステン製のコイルを用いているが、トリウム-タングステン製のコイルを用いてもよい。また、電極棒3も、タングステン棒だけでなく、トリウム-タングステンから構成された棒を使用してもよい。

【0063】発光管1内には、発光物質として、水銀6が封入されている。超高圧水銀ランプとしてランプ100を動作させる場合、水銀6は、例えば、 200 mg/cc 程度またはそれ以上（ 220 mg/cc 以上または

230 mg/cc 以上、あるいは 250 mg/cc 以上）、好ましくは、 300 mg/cc 程度またはそれ以上（例えば、 $300 \text{ mg/cc} \sim 500 \text{ mg/cc}$ ）の水銀と、 $5 \sim 30 \text{ kPa}$ の希ガス（例えば、アルゴン）と、必要に応じて、少量のハロゲンとが発光管1内に封入されている。

【0064】発光管1内に封入されるハロゲンは、ランプ動作中に電極棒3から蒸発したW（タングステン）を再び電極棒3に戻すハロゲンサイクルの役割を担っており、例えば、臭素である。封入するハロゲンは、単体の形態だけでなく、ハロゲン前駆体の形態（化合物の形態）のものでもよく、本実施形態では、ハロゲンを CH_2Br_2 の形態で発光管10内に導入している。また、本実施形態における CH_2Br_2 の封入量は、 $0.0017 \sim 0.17 \text{ mg/cc}$ 程度であり、これは、ランプ動作時のハロゲン原子密度に換算すると、 $0.01 \sim 1 \mu\text{mol/cc}$ 程度に相当する。なお、ランプ100の耐圧強度（動作圧力）は、 20 MPa 以上（例えば、 $30 \sim 50 \text{ MPa}$ 程度、またはそれ以上）にすることができる。また、管壁負荷は、例えば、 60 W/cm^2 程度以上であり、特に上限は設定されない。例示的に示すと、管壁負荷は、例えば、 60 W/cm^2 程度以上から、 300 W/cm^2 程度の範囲（好ましくは、 $80 \sim 200 \text{ W/cm}^2$ 程度）のランプを実現することができる。冷却手段を設ければ、 300 W/cm^2 程度以上の管壁負荷を達成することも可能である。なお、定格電力は、例えば、 150 W （その場合の管壁負荷は、約 130 W/cm^2 に相当）である。

【0065】放電空間10内に一端が位置する電極棒3は、封止部2内に設けられた金属箔4に溶接により接続されており、金属箔4の少なくとも一部は、第2のガラス部7内に位置している。図1に示した構成では、電極棒3と金属箔4との接続部を含む箇所を、第2のガラス部7が覆うような構成にしている。図1に示した構成における第2のガラス部7の寸法を例示すると、封止部2の長手方向の長さで、約 $2 \sim 20 \text{ mm}$ （例えば、 3 mm 、 5 mm 、 7 mm ）であり、第1のガラス部8と金属箔4との間に挟まっている第2のガラス部7の厚さは、約 $0.01 \sim 2 \text{ mm}$ （例えば、 0.1 mm ）である。第2のガラス部7の発光管1側の端面から、発光管1の放電空間10までの距離Hは、約 $0 \text{ mm} \sim$ 約 6 mm （例えば、 $0 \text{ mm} \sim$ 約 3 mm 、または、 $1 \text{ mm} \sim 6 \text{ mm}$ ）である。第2のガラス部7を放電空間10内に露出させたくない場合には、距離Hは 0 mm よりも大きくなり、例えば、 1 mm 以上となる。そして、金属箔4の発光管1側の端面から、発光管1の放電空間10までの距離B（言い換えると、電極棒3だけで封止部2内に埋まっている長さ）は、例えば、約 3 mm である。

【0066】上述したように、封止部2の断面形状は、略円形であり、そのほぼ中央部に金属箔4が設けられて

いる。金属箔4は、例えば、矩形のモリブデン箔（Mo箔）であり、金属箔4の幅（短辺側の長さ）は、例えば、1.0mm～2.5mm程度（好ましくは、1.0mm～1.5mm程度）である。金属箔4の厚さは、例えば、15 μ m～30 μ m程度（好ましくは、15 μ m～20 μ m程度）である。厚さと幅との比は、だいたい1:100程度になっている。また、金属箔4の長さ（長辺側の長さ）は、例えば、5mm～50mm程度である。

【0067】電極棒3が位置する側と反対側には、外部リード5が溶接により設けられている。金属箔4のうち、電極棒3が接続された側と反対側には、外部リード5が接続されており、外部リード5の一端は、封止部2の外まで延びている。外部リード5を点灯回路（不図示）に電気的に接続することにより、点灯回路と、一对の電極棒3とが電気的に接続されることになる。封止部2は、封止部のガラス部（7、8）と金属箔4とを圧着させて、発光管1内の放電空間10の気密を保持する役割を果たしている。封止部2によるシール機構を以下に簡単に説明する。

【0068】封止部2のガラス部を構成する材料と、金属箔4を構成するモリブデンとは互いに熱膨張係数が異なるので、熱膨張係数の観点からみると、両者は、一体化された状態にはならない。ただし、本構成（箔封止）の場合、封止部のガラス部からの圧力により、金属箔4が塑性変形を起こして、両者の間に生じる隙間を埋めることができる。それによって、封止部2のガラス部と金属箔4とを互いに圧着させた状態にすることができ、封止部2で発光管1内のシールを行うことができる。すなわち、封止部2のガラス部と金属箔4との圧着による箔封止によって、封止部2のシールは行われている。本実施形態では、圧縮歪みのある第2のガラス部7が設けられているので、このシール構造の信頼性が向上されている。

【0069】次に、封止部2における圧縮歪みについて説明する。図2（a）および（b）は、封止部2の長手方向（電極軸方向）に沿った圧縮歪みの分布を模式的に示しており、図2（a）は、第2のガラス部7が設けられたランプ100の構成の場合、一方、図2（b）は、第2のガラス部7の無いランプ100'の構成（比較例）の場合を示している。

【0070】図2（a）に示した封止部2のうち、第2のガラス部7に相当する領域（網掛け領域）に圧縮応力（圧縮歪み）が存在し、第1のガラス部8の箇所（斜線領域）における圧縮応力の大きさは、実質的にゼロである。一方、図2（b）に示すように、第2のガラス部7の無い封止部2の場合、局所的に圧縮歪みが存在している箇所はなく、第1のガラス部8の圧縮応力の大きさは、実質的にゼロである。

【0071】本願発明者は、実際にランプ100の歪み

を定量的に測定し、封止部2のうち第2のガラス部7に圧縮応力が存在することを観測した。その測定結果を図3および図4に示す。この歪みの定量化は、光弾性効果を利用した鋭敏色板法を用いて行った。この手法によると、歪み（応力）のある箇所の色が変化して見え、その色を歪み標準器と比較して歪みの大きさを定量化することができる。つまり、測定したい歪みの色と同色の光路差を読みとることで、応力を算出することができる。歪みの定量化のために使用した測定器は、歪検査器（東芝製：SVP-200）であり、この歪検査器を用いると、封止部2の圧縮歪みの大きさを、封止部2に印加されている応力の平均値として求めることができる。

【0072】図3（a）は、光弾性効果を利用した鋭敏色板法を用いて測定されたランプ100についての圧縮応力の分布を示す写真であり、一方、図3（b）は、第2のガラス部7の無いランプ100'についての圧縮応力の分布を示す写真である。なお、図4（a）および（b）は、それぞれ、図3（a）および（b）についてのトレース図である。

【0073】図3（a）および図4（a）に示すように、ランプ100の封止部2のうち、第2のガラス部7の領域が周囲（8）と異なる色（薄い色）となっているところがあり、第2のガラス部7に圧縮応力（圧縮歪み）が存在していることがわかる。一方、図3（b）および図4（b）に示すように、ランプ100'の封止部2のうち、異なる色（薄い色）の領域はなく、したがって、封止部2（第1のガラス部8）の特定部分に圧縮応力が存在しているようなことはないことがわかる。

【0074】次に、図5を参照しながら、光弾性効果を利用した鋭敏色板法による歪み測定の原理を簡単に説明する。図5（a）および（b）は、偏光板を透過させる直線偏光をガラスに入射させた状態を模式的に示している。ここで、直線偏光の振動方向をuとすると、uは、u1とu2とが合成してできたものとみなすことができる。

【0075】図5（a）に示すように、ガラスに歪みがないときは、その中をu1とu2とは同じ速さで通過するので、透過光のu1とu2との間にずれは生じない。一方、図5（b）に示すように、ガラスに歪みがあり、応力Fが働いているときは、その中をu1とu2とは同じ速さで通過しないので、透過光のu1とu2との間にずれが生じる。つまり、u1とu2のうち一方が他方より遅れることになる。この遅れた距離を光路差という。光路差Rは、応力Fと、ガラスの通過距離Lとに比例するため、比例定数をCとすると、

$$R = C \cdot F \cdot L$$

で表すことができる。ここで、各記号の単位は、それぞれ、R（nm）、F（kgf/cm²）、L（cm）、C（{nm/cm} / {kgf/cm²})である。Cは、ガラス等の材質によるもので、光弾性常数と呼ばれ

る。上記式からわかるように、 C が知られていれば、 L および R を測定すると、 F を求めることができる。

【0076】本願発明者は、封止部 2 における光の透過距離 L 、すなわち、封止部 2 の外径 L を測定し、そして、歪み標準器を用いて、測定時の封止部 2 の色から光路差 R を読みとった。また、光弾性常数 C は、石英ガラスの光弾性常数 3.5 を使用した。これらを上記式に代入し、算出された応力値の結果を図 6 の棒グラフに示す。

【0077】図 6 に示すように、応力が $0 \text{ [kgf/cm}^2]$ であったランプ本数は、0 本であり、 $10.2 \text{ [kgf/cm}^2]$ であったランプ本数は、43 本であり、 $20.4 \text{ [kgf/cm}^2]$ であったランプ本数は、17 本であり、そして、 $35.7 \text{ [kgf/cm}^2]$ であったランプ本数は、0 本であった。一方、比較例のランプ 100' の場合、測定した全てのランプについて、応力は、 $0 \text{ [kgf/cm}^2]$ であった。なお、測定原理上、封止部 2 に印加されている応力の平均値から、封止部 2 の圧縮応力を算定したが、第 2 のガラス部 7 を設けることで封止部 2 の一部に圧縮応力が印加された状態になることは、図 3、図 4 および図 6 の結果より容易に結論付けることができる。なぜならば、比較例のランプ 100' については、封止部 2 に圧縮応力は存在しなかったからである。また、図 6 は、離散的な応力値を示しているが、これは、歪み標準器から読み取る光路差が離散的なものであることに起因している。したがって、応力値が離散的なのは、鋭敏色板法による歪み測定の原理によるものである。実際には、例えば、 $10.2 \text{ [kgf/cm}^2]$ と $20.4 \text{ [kgf/cm}^2]$ との間の値を示す応力値も存在するものと思われるが、第 2 のガラス部 7 もしくは第 2 のガラス部 7 の外周周辺領域に、所定量の圧縮応力が存在していることにはかわりない。

【0078】なお、本測定では、封止部 2 の長手方向（電極軸 3 が延びる方向）についての応力を観察したが、このことは、他の方向において圧縮応力が存在していないことを意味するものではない。封止部 2 の径方向（中心-外周方向）、または、封止部 2 の周方向（例えば、時計周り方向）について圧縮応力が存在しているかどうかを測定するには、発光管 1 や封止部 2 を切断する必要があるのであるが、そのような切断を行ったとたん、第 2 のガラス部 7 の圧縮応力が緩和されてしまう。したがって、ランプ 100 に対して切断を行わない状態で測定できるのは、封止部 2 の長手方向についての圧縮応力であるため、本願発明者は、少なくとも、その方向での圧縮応力を定量化したのである。

【0079】本実施形態のランプ 100 では、第 1 のガラス部 8 の内側の少なくとも一部に設けられた第 2 のガラス部 7 に圧縮歪み（少なくとも長手方向への圧縮歪み）が存在しているので、高圧放電ランプの耐圧強度を

向上させることができる。言い換えると、図 1 および図 2 (a) に示した本実施形態のランプ 100 の方が、図 2 (b) に示した比較例のランプ 100' よりも、耐圧強度を高くすることができる。図 1 に示した本実施形態のランプ 100 は、従来の最高レベルの動作圧である 20 MPa 程度を超える、30 MPa 以上の動作圧で動作させることが可能である。

【0080】次に、図 7 を参照しながら、第 2 のガラス部 7 に圧縮歪みが入っていることにより、ランプ 100 の耐圧強度が上がる理由を説明する。図 7 (a) は、ランプ 100 の封止部 2 の要部拡大図であり、一方、図 7 (b) は、比較例のランプ 100' の封止部 2 の要部拡大図である。

【0081】ランプ 100 の耐圧強度が上がる機構については、実際のところ明確にわからない部分もあるが、本願発明者は、それについて次のように推論した。

【0082】まず前提として、封止部 2 内の金属箔 4 は、ランプ動作中に加熱・膨張するため、封止部 2 のガラス部には、金属箔 4 からの応力が加わる。より具体的に説明すると、ガラスよりも金属の方が熱膨張率が大きいことに加えて、電極棒 3 に熱的に接続されており、かつ、電流が通過する金属箔 4 の方が、封止部 2 のガラス部よりも加熱されやすいため、金属箔 4 から（特に、面積の小さい箔側面から）ガラス部へと応力が加わり易い。

【0083】ここで、図 7 (a) に示すように、第 2 のガラス部 7 の長手方向に圧縮応力が加わっていると、金属箔 4 からの応力 16 の発生を抑制することができると考えられる。言い換えると、第 2 のガラス部 7 の圧縮応力 15 によって、大きな応力 16 が生じるのを抑制することができると考えられる。その結果、例えば、封止部 2 のガラス部にクラックが生じたり、封止部 2 のガラス部と金属箔 4 との間でのリークの発生が低減して、封止部 2 の強度が向上することになる。

【0084】一方、図 7 (b) に示すように、第 2 のガラス部 7 の無い構造の場合には、金属箔 4 からの応力 17 は、図 7 (a) に示した構成の場合よりも、大きくなると考えらる。すなわち、金属箔 4 の周囲に、圧縮応力の加わっている領域が存在しないので、金属箔 4 からの応力 17 は、図 7 (a) に示した応力 16 よりも大きくなると思われる。それゆえ、図 7 (a) に示した構成の方が、図 7 (b) に示した構成よりも、耐圧強度を向上させることができると推論される。この考えは、ガラスに引っ張り歪み（引っ張り応力）が入っていると割れやすく、圧縮歪み（圧縮応力）が入っていると割れにくくなるというガラスの一般的な性質と相容れるものと思われる。

【0085】ただし、ガラスに圧縮応力が入っていると割れにくくなるというガラスの一般的な性質から、ランプ 100 の封止部 2 が高い耐圧強度を持つということま

で推論することはできない。なぜならば、仮に、圧縮歪みが入っている領域のガラスの強度が増したとしても、封止部 2 全体として見たら、歪みがない場合と比較して、負荷が生じていることになるため、封止部 2 全体としての強度はかえって低下するという考えも成り立ち得るからである。ランプ 100 の耐圧強度が向上したという結果は、本願発明者がランプ 100 を試作し実験して初めてわかったことであり、まさに理論だけでは導き出せなかったものである。必要以上の大きな圧縮応力が第 2 のガラス部 7 (またはその外周周辺領域) に存在したままになれば、実際には、ランプ点灯時に封止部 2 の破損をもたらし、かえって、ランプの寿命を短くしてしまうことになるかもしれない。そのようなことを考えると、第 2 のガラス部 7 を有するランプ 100 の構造は、絶妙なバランスの下で、その高い耐圧強度を示しているものと考えられる。発光管 1 の部分を切断すると、第 2 のガラス部 7 の応力歪みが緩和されることから推測すると、第 2 のガラス部 7 の応力歪みによる負荷は、発光管 1 全体で上手く受け止めているのかもしれない。

【0086】なお、その高い耐圧強度を示す構造は、第 1 のガラス部 8 と第 2 のガラス部 7 との圧縮応力の差によって生じた歪み境界領域 20 によってもたらされているとも考えられる。つまり、第 1 のガラス部 8 には、実質的に圧縮応力が加わってなく、歪み境界領域 20 よりも中心側に位置する第 2 のガラス部 7 (または、その外周周辺) だけの領域に上手く圧縮歪みが閉じ込めることができたことにより、優れた耐圧特性を発揮させることに成功しているという推論も成立し得る。鋭敏色板法による歪み測定の原因に起因して、応力値が離散的に示されてしまう結果、図 7 等においては、歪み境界領域 20 が明確に示されているのであるが、仮に、現実の応力値を連続的に示せるとしても、歪み境界領域 20 においては応力値が急峻に変化していると考えられ、その急峻に変化する領域にて、逆に歪み境界領域 20 を規定することができると思われる。

【0087】本実施形態のランプ 100 では、図 1 に示すように、電極棒 3 と金属箔 4 との溶接部を覆うように第 2 のガラス部 7 を配置した構成にしたが、これに限らず、図 8 に示した構成にしてもよい。すなわち、図 8 に示すように、封止部 2 内に埋め込まれている部分の電極棒 3 の全部と、金属箔 4 の一部を覆うように配置する。このとき、第 2 のガラス部 7 の一部が発光管 1 内の放電空間 10 に露出させるようにしてもよい。すなわち、図 1 (a) 中の $H=0$ として、第 2 のガラス部 7 の一部が発光管 1 内の放電空間 10 に露出させても、耐圧向上の観点からは特に問題ない。ただし、ランプ 100 が高圧水銀ランプの場合には、光色特性や寿命の観点からみると、第 2 のガラス部 7 を放電空間 10 に露出させない構成を採用するのも一つ考え方である。その理由は、第 2 のガラス部 7 には、 SiO_2 の他に、 Al_2O_3 や B も含

有しているので、それらの添加物が放電空間 10 に出ると、ランプの特性が悪くなり得るおそれがあるからである。なお、図 1 や図 8 に示すように、電極棒 3 と金属箔 4 との溶接部を覆うように第 2 のガラス部 7 を配置するのは、この溶接部での破損・クラックが比較的多いので、この箇所の強度を高めるようにするものである。

【0088】また、図 9 から図 11 に示した構成にしてもよい。すなわち、図 9 に示すように、金属箔 4 の中央部を第 2 のガラス部 7 が覆うように第 2 のガラス部 7 を配置してもよいし、図 10 に示すように、金属箔 4 と外部リード 5 との溶接部を覆うように第 2 のガラス部 7 を配置してもよい。また、図 11 に示すように、金属箔 4 の全体を覆うように第 2 のガラス部 7 を配置してもよい。

【0089】図 1 に示した構成だけでなく、図 8 から図 11 に示した構成でも、ランプの耐圧強度を向上させることができる。言い換えると、比較例のランプ 100' よりも、多くの水銀を封入させて、高い動作圧で点灯させることができる。

【0090】なお、図 1 に示した構成では、一対の封止部 2 のいずれにも、第 2 のガラス部 7 を設けたが、これに限らず、一方の封止部 2 だけに、第 2 のガラス部 7 を設けても、比較例のランプ 100' よりも耐圧強度を向上させることができる。ただし、両方の封止部 2 に第 2 のガラス部 7 を設けた構成で、かつ、両方の封止部 2 が圧縮応力が印加されている部位を有する構成にした方が好ましい。これは、一方の封止部よりも、両方の封止部 2 が圧縮応力が印加されている部位を有している方がより高い耐圧を達成することができるからであり、単純に考えて、圧縮応力が印加されている部位を有する封止部を一つ備えているときよりも、2 つ備えているときの方が、封止部でリークが生じる確率 (すなわち、あるレベルの高耐圧を保持できない確率) を $1/2$ にすることが可能となるからである。

【0091】また、本実施形態では、水銀 6 の封入量の極めて多い高圧水銀ランプ (例えば、動作圧が 20 MPa を超える超高圧水銀ランプ) について説明したが、水銀蒸気圧がそれほど高くない 1 MPa 程度の高圧水銀ランプにも好適に適用することができる。なぜならば、動作圧力が極めて高くても安定して動作できるということは、ランプの信頼性が高いことを意味するからである。すなわち、本実施形態の構成を、動作圧力のそれほど高くないランプ (ランプの動作圧力が 30 MPa 程度未満、例えば、20 MPa 程度～1 MPa 程度) に適用した場合、当該動作圧力で動作するランプの信頼性を向上させ得ることになるからである。本実施形態の構成は、封止部 2 に、新たな部材として第 2 のガラス部 7 の部材を導入するだけでよいので、少ない改良で耐圧向上の効果を得ることができる。したがって、非常に工業的な用途に適しているものである。

【0092】次に、図12から図19を参照しながら、本実施形態にかかるランプ100の製造方法を説明する。

【0093】まず、図12に示すように、ランプ100の発光管(1)となる発光管部1'と、発光管部1'から延在した側管部2'とを有する放電ランプ用ガラスパイプ80を用意する。本実施形態のガラスパイプ80は、外径6mm、内径2mmの筒状石英ガラスの所定位置を加熱し膨張させて、略球形の発光管部1'を形成したものである。

【0094】また、図13に示すように、別途、第2のガラス部7となるガラス管70を用意する。本実施形態のガラス管70は、外径(D1)1.9mm、内径(D2)1.7mm、長さ(L)7mmのバイコール製ガラス管である。ガラス管70の外径D1は、ガラスパイプ80の側管部2'に挿入できるように、側管部2'の内径よりも小さくしてある。

【0095】次に、図14に示すように、ガラスパイプ80の側管部2'にガラス管70を固定する。この固定は、側管部2'にガラス管70を挿入した後、側管部2'を加熱して両者(2'、70)を密着させる。以下、この工程をさらに詳述する。

【0096】まず、一方の側管部2'に、1つのガラス管70を挿入する。次いで、ガラスパイプ80を両旋盤に取り付ける。ここで、洗浄したタングステンの棒を用いて、ガラス管70の位置を微調整する。側管部2'の内径よりも、径が小さいタングステン棒を用いれば、この微調整作業は便利である。なお、勿論、タングステン以外の棒を用いてもよい。

【0097】最後に、バーナーで側管部2'を加熱することにより、側管部2'の内壁にガラス管70の外壁を密着させて固定する。なお、この工程によって、ランプに悪影響を及ぼすと考えられる水分(具体的には、ガラス管70を構成するバイコール中の水分)をランプから飛ばすことができ、その結果、ランプの高純度化を図ることができる。他方の側管部2'についても、同様の工程を行って、側管部2'にガラス管70を固定する。このようにして、図14に示すような構成が得られる。ここで、図14に示した構成を作製した後、一度、管内を洗浄するのが好ましい。ガラス管70を挿入し固定する工程の中で、不純物が侵入している可能性があるからである。

【0098】次に、図15に示すような、別途作製した電極構造体50を用意しておき、ガラス管70が固定された側管部2'に挿入する。電極構造体50は、電極棒3と、電極棒3に接続された金属箔4と、金属箔4に接続された外部リード5とから構成されている。電極棒3は、タングステン製電極棒であり、その先端にはタングステン製コイル12が巻きつけられている。コイル12は、トリウム-タングステン製のものを用いてもよい。

また、電極棒3も、タングステン棒だけでなく、トリウム-タングステンから構成された棒を使用してもよい。また、外部リード5の一端には、側管部2'の内面に電極構造体50を固定するための支持部材(金属製の留め金)11が設けられている。図15に示した支持部材11は、モリブデンからなるモリブデンテープ(Moテープ)であるが、これに代えて、モリブデン製のリング状のパネを用いてもよい。Moテープ11の幅aは、側管部2'の内径2mmよりも若干大きくされており、それにより、電極構造体50を側管部2'内に固定することができる。

【0099】本実施形態では、図12に示したような放電ランプ用ガラスパイプ80を用いたが、これに代えて、図16に示すようなガラスパイプ80を用いることも可能である。図16に示したガラスパイプ80では、側管部2'と発光管部1'との境界周辺に、側管部2'の内径が他の部分よりも小さくされた径小部83が設けられている。この径小部83は、リーディングとも呼ばれる。径小部83の内径dは、ガラス管70が止まるくらいに小さくされており、例えば、1.8mm程度である。径小部83が形成されている領域hの寸法(側管部2'長手方向の寸法)は、例えば、1~2mm程度である。径小部83は、図12に示したガラスパイプ80の所定箇所(領域h)にレーザーを照射して、当該箇所を加熱して形成される。本実施形態では、パイプ80内を減圧状態(例えば、Arの圧力が 10^{-3} Paの状態)にして、径小部83を形成したが、領域hの箇所をシュリンクできるのであれば、大気圧下でも径小部83を形成できる。ガラスパイプ80に径小部83を設けることにより、ガラス管70の挿入工程が容易になる。つまり、ガラス管70を所定位置に固定することが容易となる。

【0100】側管部2'に電極構造体50を挿入するには、次のようにしてすればよい。図17に示すように、一方の側管部2'に電極構造体50を通して、電極棒3の先端12を発光管部1'内に位置づける。このとき、Moテープ11が側管部2'内壁に接触し、電極構造体50を通すのに多少の抵抗がかかるので、そこで、十分に洗浄したタングステン棒を用いて、所定の位置まで電極構造体50を押し入れる。所定の位置まで電極構造体50を押し入れたら、Moテープ11によって電極構造体50は、その位置で固定されることになる。図17の線c-cにおける断面構成を図18に示す。

【0101】次に、電極構造体50挿入後のガラスパイプ80の両端を、気密性を保ちながら、回転可能なチャック82に取り付ける。チャック82は、真空系(不図示)に接続されており、ガラスパイプ80内を減圧できる。ガラスパイプ80内を真空排気した後、200torr程度(約20kPa)の希ガス(Ar)を導入する。その後、電極棒3を回転中心軸として、矢印81の

方向に、ガラスパイプ 80 を回転させる。

【0102】次いで、側管部 2' およびガラス管 70 を加熱・収縮させて、電極構造体 50 を封止することにより、図 19 に示すように、側管部 2' であった第 1 のガラス部 8 の内側に、ガラス管 70 であった第 2 のガラス部 7 が設けられた封止部 2 を形成する。この封止部 2 の形成は、発光管部 1' と側管部 2' との間の境目部分から、外部リード 5 の中間付近まで、順々に、側管部 2' およびガラス管 70 を加熱して、シュリンクさせていくことにより行う。この封止部形成工程により、側管部 2' およびガラス管 70 から、少なくとも長手方向（電極棒 3 の軸方向）に圧縮応力が印加された状態の部位を含む封止部 2 が得られる。なお、外部リード 5 の方から、発光管部 1' の方へ、加熱・収縮を行ってもよい。この後、開放している側管部 2' 側の端部から、所定量の水銀 6 を導入する。このとき、必要に応じて、ハロゲン（例えば、 CH_2Br_2 ）も導入する。

【0103】水銀 6 の導入後、他方の側管部 2' についても上記と同様の工程を実行する。すなわち、まだ封止されていない側管部 2' に電極構造体 50 を挿入した後、ガラスパイプ 80 内を真空引きして（好ましくは、 10^{-4}Pa 程度まで減圧して）、希ガスを封入し、次いで、加熱封止する。この時の加熱封止の際は、水銀が蒸発するのを防ぐため、発光管部 1 を冷却しながら行うことが好ましい。このようにして、両方の側管部 2' を封止すると、図 1 に示したランプ 100 が完成する。

【0104】次に、図 20 (a) および (b) を参照しながら、封止部形成工程により、第 2 のガラス部 7（または、その外周周辺部）に圧縮応力が加わる機構を説明する。なお、この機構は、本願発明者が推考したものであり、必ずこの通りになっているとは言い切れない。しかし、例えば図 3 (a) に示したとおり、第 2 のガラス部 7（またはその外周周辺部分）に圧縮応力（圧縮歪み）が存在するのは事実であるし、そして、その圧縮応力が加わった部位を含む封止部 2 によって耐圧が向上することも事実である。

【0105】図 20 (a) は、側管部 2' 状態の第 1 のガラス部 8 内に、ガラス管 70 状態の第 2 のガラス部 7 a を挿入した時点の断面構成を模式的に示し、一方、図 20 (b) は、図 20 (a) の構成において第 2 のガラス部 7 a が軟化して熔融状態 7 b になった時点の断面構成を模式的に示している。本実施形態において、第 1 のガラス部 8 は、 SiO_2 を 99 wt % 以上含む石英ガラスから構成され、そして、第 2 のガラス部 7 a は、バイコールガラスから構成されている。

【0106】まず前提として、圧縮応力（圧縮歪み）が存在するということは、互いに接触する材料同士の熱膨張係数に差があることが多い。すなわち、封止部 2 内に設けられた状態の第 2 のガラス部 7 に圧縮応力が加わっている理由としては、両者の熱膨張係数に差があると考

えるのが一般的である。しかし、この場合、実際には、両者の熱膨張係数に大きな差はなく、ほぼ等しいと言える。より具体的に説明すると、金属であるタングステンおよびモリブデンの熱膨張係数が、それぞれ、約 $46 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ および約 $37 \sim 53 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ であるところ、第 1 のガラス部 8 を構成する石英ガラスの熱膨張係数は、約 $5.5 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ であり、そして、バイコールガラスの熱膨張係数は、石英ガラスの熱膨張係数と同レベルとみなせる約 $7 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ である。僅かこれくらいの熱膨張係数の差で、両者の間に、約 10 kgf/cm^2 以上の圧縮応力が発生するとは思えない。両者の性質の違いは、熱膨張係数よりも、むしろ軟化点または歪点にあり、この点に着目すると、次のような機構により、圧縮応力が加わることが説明できると思われる。なお、石英ガラスの軟化点および歪点は、それぞれ、 1650°C および 1070°C （徐冷点は、 1150°C ）であり、一方、バイコールガラスの軟化点および歪点は、それぞれ、 1530°C および 890°C （徐冷点は、 1020°C ）である。

【0107】図 20 (a) に示した状態から、第 1 のガラス部 8（側管部 2'）を外側から加熱してシュリンクさせると、最初、両者の間にあった隙間 7 c が埋まり、両者は接する。シュリンク後においては、図 20 (b) に示すように、軟化点が高く、外気に触れる面積の多い第 1 のガラス部 8 の方が先に軟化状態から解放された時点（つまり、固まった時点）でも、それよりも内側に位置し、かつ、軟化点の低い第 2 のガラス部 7 b は、依然として、軟化したまま（熔融状態のまま）の時点が存在する。このときの第 2 のガラス部 7 b は、第 1 のガラス部 8 と比較して、流動性を持っており、仮に通常時（軟化状態でない時点）の両者の熱膨張係数がほぼ同じであったとしても、この時点の両者の性質（例えば、弾性率、粘度、密度など）は大きく異なっていると考えられる。そして、さらに時間が経過し、流動性を持っていた第 2 のガラス部 7 b が冷えて、第 2 のガラス部 7 b の温度が軟化点も下回ると、第 2 のガラス部 7 も、第 1 のガラス部 8 と同様に固まることになる。ここで、第 1 のガラス部 8 と第 2 のガラス部 7 との軟化点が同じであれば、外側から徐々に冷えて圧縮歪みが残らないように、両方のガラス部が固まるのであろうが、本実施形態の構成の場合、外側のガラス部（8）が早めに固まって、しばらくしてから、内側のガラス部（7）が固まるため、当該内側の第 2 のガラス部 7 に圧縮歪みが残ることになると思われる。このようなことを考えると、第 2 のガラス部 7 は、一種のピンチングが間接的に行われた状態になったと言えるかもしれない。

【0108】なお、このような圧縮歪みが残っていると、通常、両者の熱膨張率の差によって、ある温度で両者（7、8）の密着状態が終わってしまうことになるのであろうが、本実施形態の構成の場合、両者の熱膨張率

がほぼ等しいので、圧縮歪みが存在していても、両者（7、8）の密着状態が保持できると推測される。

【0109】さらに、第2のガラス部7に約 10 kgf/cm^2 以上の圧縮応力を与えるためには、上述した作製方法で完成させたランプ（ランプ完成体）に対して、 1030°C で2時間以上、加熱することが必要であることがわかった。具体的には、完成したランプ100を 1030°C の炉に入れて、アニール（例えば、真空ベークまたは減圧ベーク）すればよい。なお、 1030°C の温度は例示であり、第2のガラス部（バイコールガラス）7の歪点温度よりも高い温度であればよい。すなわち、バイコールの歪点温度 890°C よりも大きければよい。好適な範囲は、バイコールの歪点温度 890°C より大きく、第1のガラス部（石英ガラス）の歪点温度（ SiO_2 の歪点温度 1070°C ）よりも低い温度であるが、 1080°C や 1200°C 程度の温度で本願発明者が実験した場合において効果がある場合もあった。

【0110】なお、比較参考のために、アニールを行っていない高圧放電ランプについて、鋭敏色板法による測定を行ったところ、高圧放電ランプの封止部に第2のガラス部7を設けた構成であるにもかかわらず、封止部に約 10 kgf/cm^2 以上の圧縮応力は観測されなかった。

【0111】アニール（または真空ベーク）の時間については、2時間以上であれば、経済的な観点からみた上限を除けば、特に上限はない。2時間以上の範囲で、好適な時間を適宜設定すればよい。また、2時間未満でも、効果がみられる場合には、2時間未満での熱処理（アニール）を行ってもよい。このアニール工程により、ランプの高純度化、言い換えると、不純物の低減が達成されているかもしれない。なぜならば、ランプ完成体をアニールすることにより、ランプに悪影響を及ぼすと考えられる水分（例えば、バイコール中の水分）をランプから飛ばすことができると思われるからである。アニールを100時間以上すれば、ほぼ完全にバイコール中の水分をランプ内から除去することが可能である。

【0112】上述の説明では、第2のガラス部7をバイコールガラスから構成した例で説明したが、 SiO_2 : 62重量%、 Al_2O_3 : 13.8重量%、 CuO : 2.3.7重量%を成分とするガラス（商品名：SCY2、SEMCOM社製。歪点： 520°C ）から第2のガラス部7を構成した場合でも、少なくとも長手方向に圧縮応力が印加された状態になることもわかった。

【0113】次に、図21から図25を参照しながら、本実施形態にかかるランプ100の他の製造方法を説明する。

【0114】まず、図21に示すように、第2のガラス部7となるガラス管70を用意する。図21に示したガラス管70は、バイコール製ガラス管であり、その寸法は、外径（D1）1.9mm、内径（D2）1.7mm

m、長さ（L）100mmである。このガラス管70の中に、図22に示すように、電極棒3を含む電極構造体50を挿入し、次いで、ガラス管70の両側を、気密性を保ちながら回転可能なチャック82に取り付ける。電極構造体50の構成は、図15で説明した通りである。チャック82は、真空系（不図示）につながっており、ガラス管70内を真空引きすることができる。

【0115】ガラス管70内を真空に引いた後、減圧状態の希ガス（例えば、 20 kPa ）を封入する。次に、電極棒3を軸として、ガラス管70を回転させた後、ガラス管70のうち、外部リード5に対応する部分72を加熱してシュリンクさせると、図23に示すような構成となる。そして、図23に示したガラス管70を、図中の線a、bの箇所切断して、図24に示すように加工する。なお、シュリンクさせる部分は、外部リード5の一部でなくとも、電極棒3の一部または金属箔4の一部であっても良い。

【0116】次に、図25に示すように、ガラス管70付きの電極構造体50を、ガラスパイプ80の一方の側管部2'に挿入する。具体的には、洗浄したタングステン棒を用いて、電極構造体50を側管部2'の所定の位置まで押し込んで、固定する。電極構造体50の留め金11として幅が2mmよりも若干大きいものを用いると、側管部2'の所定位置に容易に固定することができる。

【0117】次に、ガラスパイプ80の両側を、気密性を保ちながら回転可能なチャック（不図示）に取り付ける。その後、上述した実施形態の製造方法と同様に（図17、図19参照）、パイプ80内を真空に引き、希ガスを封入した後、電極棒3を軸として、矢印81の方向にガラスパイプ80を回転させ、次いで、発光管部1'と側管部2'との境界付近部分から、外部リード5の間付近まで、順々に加熱をしてシュリンクさせていく。このようにして、ガラス管70付きの電極構造体50を封止する。その後、開放している側管部側から規程量の水銀（例えば、 200 mg/cc 程度、または、 300 mg/cc 程度、あるいはそれ以上）を導入する。水銀導入後、上記と同様の方法で、ガラス管70付きの電極構造体50を他方の側管部2'に挿入する。次いで、真空引き後、希ガスを封入し、そして、加熱封止する。上述したように、この加熱封止は、水銀蒸発防止のため、発光管部1を冷却しながら行うことが好ましい。この製造方法により、図11に示した構成のランプ100が得られることになる。また、この実施形態においても、側管部2'を両方封止した後、 1030°C で2時間以上加熱することにより、圧縮歪みを大きくすることができる。

【0118】本実施形態のランプ100の耐圧強度を更に向上させるには、図26に示したランプ200のように、封止部2内に埋め込まれた部分における電極棒3の

少なくとも一部の表面に、金属膜（例えば、Pt膜）30を形成することが好ましい。なお、金属膜30は、Pt、Ir、Rh、Ru、Reからなる群から選択される少なくとも1種の金属から構成されていればよく、密着性の観点から、下層がAu層で、上層が例えばPt層のようにすることが好ましい。

【0119】ランプ200では、封止部2に埋め込まれている部分の電極棒3の表面に金属膜30が形成されているため、電極棒3の周囲に位置するガラスに、微小なクラックが発生することを防止することができる。すなわち、ランプ200では、ランプ100で得られる効果に加えて、クラック発生防止という効果も得られ、それにより、さらに耐圧強度を向上させることができる。以下、クラック発生防止効果について説明を続ける。

【0120】封止部2内に位置する電極棒3に金属膜30の無いランプの場合、ランプ製造工程における封止部形成の際に、封止部2のガラスと電極棒3とが一度密着した後、冷却時において、両者の熱膨張係数の差により、両者は離されることになる。この時に、電極棒3の周囲の石英ガラスにクラックが生じる。このクラックの存在により、クラックの無い理想的なランプよりも、耐圧強度が低下することになる。

【0121】図26に示したランプ200の場合、表面にPt層を有する金属膜30が電極棒3の表面に形成されているので、封止部2の石英ガラスと、電極棒3の表面（Pt層）との間の濡れ性が悪くなっている。つまり、タングステンと石英ガラスとの組み合わせの場合よりも、白金と石英ガラスとの組み合わせの場合の方が、金属と石英ガラスとの濡れ性が悪くなるため、両者は引っ付かずに、離れやすくなるのである。その結果、電極棒3と石英ガラスとの濡れ性の悪さにより、加熱後の冷却時における両者の離れがよくなり、微小なクラックの発生を防止することが可能となる。このような濡れ性の悪さを利用してクラックの発生を防止するという技術的思想に基づいて作製されたランプ200は、ランプ100よりも更に高い耐圧強度を示す。

【0122】なお、図26に示したランプ200の構成に代えて、図27に示すランプ300の構成にしても良い。ランプ300は、図1に示したランプ100の構成において、表面を金属膜30で被覆したコイル40を、封止部2に埋め込まれている部分の電極棒3の表面に巻き付けたものである。言い換えると、ランプ300は、Pt、Ir、Rh、Ru、Reからなる群から選択される少なくとも1種の金属を少なくとも表面に有するコイル40が電極棒3の根本に巻き付けられた構成を有している。なお、図27に示した構成では、コイル40は、発光管1の放電空間10内に位置する電極棒3の部分にまで巻かれている。図27に示したランプ300の構成でも、コイル40表面の金属膜30によって、電極棒3と石英ガラスとの濡れ性を悪くすることができ、その結

果、微小なクラックの発生を防止することができる。コイル40の表面の金属は、例えば、メッキにより形成すればよい。密着性の観点からは、コイル40上に、まず下層となるAu層を形成し、次いで、上層となる例えばPt層を形成することが好ましい。

【0123】次に、本実施形態のランプ100および200の耐圧強度について説明する。図28は、本実施形態のランプに対して、静水圧を用いた耐圧試験を行うときのランプ構成を模式的に示している。静水圧を用いた耐圧試験は、図28に示すように、一方の封止部2は、図1に示したランプ100の封止部2、または図26および図27に示したランプ200、300の封止部2と同じ構成をしている。そして、他方の封止部を側管部2'の状態のままとされており、その開放された側の側管部2'の一端から、水を入れて水圧を加えて、ランプの耐圧を測定する。具体的に説明すると、開放された側管部2'から純水を導入し、静水圧を加え、その圧を徐々に大きくしていく。ランプが破裂した時の静水圧の値を、ランプの耐圧（静水圧による耐圧）とする。

【0124】本実施形態のランプ100について7本、ランプ200について5本、比較例のランプ（図2（b）参照）について9本、耐圧試験を行った結果を図29に示す。図29は、耐圧と破損確率との関係を示したワイブルプロットである。図29において、横軸の値が大きいほど耐圧が大きく、そして、傾きが大きいほど（すなわち、垂直に近いほど）耐圧のばらつきが小さいことになる。

【0125】図29からわかるように、破裂確率が50%となるのは、比較例では21MPaであるのに対し、ランプ100では25.3MPaであり、ランプ200では28.5MPaにまで大きくなった。ランプ100および200の耐圧（静水圧による耐圧）は、耐圧に優れた従来のランプでも到底到達できなかった高い耐圧である。また、傾きをみても、本実施形態のランプ100および200の方が、比較例のものよりも大きく、それゆえに、耐圧のばらつきが少ないことがわかる。

【0126】一般的に、耐圧試験により得られる耐圧よりも、点灯動作圧の方が高くなることが知られている。点灯動作圧の方が高くなる理由を説明すると次のようである。ランプが点灯して加熱されると、発光管のガラスは、熱膨張することになるが、実際には、ランプの構造上、発光管のガラスは自由に膨張することができず、結果として、収縮する力が発光管に加わる。この収縮する力、すなわち、戻ろうとする力が働くことによって、耐圧試験により得られる耐圧よりも、点灯動作圧の方が高くなるのである。点灯動作圧の方で評価すると、ランプ100は、動作圧を30MPa以上にすることができ、ランプ200に至っては、40MPa以上にもすることができる。一方、比較例のランプの動作圧を30MPaにしたとすれば、破裂してしまうことになる。

【0127】点灯動作圧が30MPa以上で動作する高圧放電ランプは従来には存在しなかったため、動作圧を極めて大きくした場合に、その分光特性がどのようになるか非常に興味もたれる。動作圧を30MPa以上にした場合、平均演色評価指数Raおよび照度が大幅に向上することが明らかになった。以下、その結果について説明する。

【0128】図30は、本実施形態のランプを、点灯動作圧40MPaで動作させた時の分光分布を示している。そして、図31は、本実施形態のランプを、点灯動作圧19MPaで動作させた時の分光分布を示している。一方、図32は、従来のランプ（Philips社製）を、動作圧20MPa、120Wで点灯させた時の分光分布を参考として示している。図30から図32に示した分光分布は、実測データである。

【0129】図31および図32と比較して、図30を見ると、動作圧が40MPaのランプでは、405nm、436nm、546nm、547nm付近の輝線の割合が小さくなることがわかった。また、平均演色評価指数Raに注目すると、図30に示した例では、Raが70.7という非常に高い値を示した。一方、図31に示した例では、Raは60.2であり、そして、図32に示した例では、59.4であった。なお、参考までに、図30から図32に示した例についての他の特性を示すと、以下のものである。なお、R9～R15は、特殊演色評価数である。

【0130】図30に示した例（動作圧40MPa、Ra=70.7）：

色度値（x、y）=（0.2935、0.2967）、Tc=8370K、Duv=-3.4

R9=-11.0、R10=34.4、R11=56.7、R12=58.6、R13=66.3、R14=84.1、R15=66.8

図31に示した例（動作圧19MPa、Ra=60.2）：

色度値（x、y）=（0.2934、0.3030）、Tc=8193K、Duv=0.1

R9=-53.3、R10=11.6、R11=42.0、R12=41.9、R13=54.0、R14=79.0、R15=52.4

図32に示した例（動作圧20MPa、Ra=59.4）：

色度値（x、y）=（0.2895、0.3010）、Tc=8574K、Duv=1.3

R9=-53.2、R10=9.9、R11=40.9、R12=41.5、R13=52.8、R14=78.5、R15=50.8

次に、平均演色評価指数Raと点灯動作圧との関係について説明する。図33は、Raの点灯動作圧依存性を示すグラフである。

【0131】図33からわかるように、点灯動作圧が大きくなるにつれて、Raが大きくなる。動作圧を19MPaから40MPaまで上げると、Raが約14%向上した。従来の超高圧水銀ランプのRaがせいぜい60（場合によっては65）であるのに対して、Raを65

よりも大きくすることができれば、ランプの汎用性が非常に広がることになる。すなわち、蛍光ランプのRaが61で、蛍光型の水銀ランプのRaが40～50であるところ、超高圧水銀ランプのRaを65よりも大きくすることができれば、高効率形のメタルハライドランプ

（例えば、Ra65～70）の用途にも積極的に使用することが可能となるからである。そして、超高圧水銀ランプのRaを70以上にすれば、工業的な作業用だけでなく、オフィスにもより好適に使用することが可能となるため、非常にランプの汎用性が高まる。したがって、本実施形態のランプの平均演色評価数Raは、例えば、65よりも大きい値、または、67以上、70以上と上がるほどより好ましい。このランプ（超高圧水銀ランプ）の色温度は、8000K以上であり、色温度が8000K以上で、Raが65を超えるランプは、現時点でまだ存在しない。Raを非常に高くしたメタルハライドランプ等は色温度が比較的低く、そして、電球も色温度が比較的低い。色温度が8000K以上で、Raが65を超える本実施形態のランプは、人工太陽光源（人工太陽装置もしくは人工太陽システム）となり得るもの、または、それに近づくものであり、今日まだ存在しない新たな需要を生み出すものとなり得る画期的なランプである。

【0132】さらに、本実施形態のランプ100および200は、反射鏡と組み合わせて、ミラー付きランプないしランプユニットにすることができる。

【0133】図34は、本実施形態のランプ100を備えたミラー付きランプ900の断面を模式的に示している。

【0134】ミラー付ランプ900は、略球形の発光管1と一对の封止部2とを有するランプ100と、ランプ100から発せられた光を反射する反射鏡60とを備えている。なお、ランプ100は例示であり、勿論、ランプ200であってもよい。また、ミラー付ランプ900は、反射鏡60を保持するランプハウスをさらに備えていてもよい。ここで、ランプハウスを備えた構成のものは、ランプユニットに包含されるものである。

【0135】反射鏡60は、例えば、平行光束、所定の微小領域に収束する集光光束、または、所定の微小領域から発散したのと同等の発散光束になるようにランプ100からの放射光を反射するように構成されている。反射鏡60としては、例えば、放物面鏡や楕円面鏡を用いることができる。

【0136】本実施形態では、ランプ100の一方の封止部2に口金56が取り付けられており、当該封止部2から延びた外部リード（5）と口金56とは電気的に接続されている。封止部2と反射鏡60とは、例えば無機系接着剤（例えばセメントなど）で固着されて一体化されている。反射鏡60の前面開口部側に位置する封止部2の外部リード5には、引き出しリード線65が電気的

に接続されており、引き出しリード線 65 は、リード線 5 から、反射鏡 60 のリード線用開口部 62 を通して反射鏡 60 の外にまで延ばされている。反射鏡 60 の前面開口部には、例えば前面ガラスを取り付けることができる。

【0137】このようなミラー付ランプないしランプユニットは、例えば、液晶や DMD を用いたプロジェクタ等のような画像投影装置に取り付けることができ、画像投影装置用光源として使用される。また、このようなミラー付ランプないしランプユニットと、画像素子 (DMD (Digital Micromirror Device) パネルや液晶パネルなど) を含む光学系とを組み合わせることにより、画像投影装置を構成することができる。例えば、DMD を用いたプロジェクタ (デジタルライトプロセッシング (DLP) プロジェクタ) や、液晶プロジェクタ (LCOS (Liquid Crystal on Silicon) 構造を採用した反射型のプロジェクタも含む。) を提供することができる。さらに、本実施形態のランプ、およびミラー付ランプないしランプユニットは、画像投影装置用光源の他に、紫外線ステップ用光源、または競技スタジアム用光源や自動車のヘッドライト用光源、道路標識を照らす投光器用光源などとしても使用することができる。

【0138】次に、本実施形態のランプにおける点灯動作圧と照度との関係について説明する。

【0139】図 35 は、動作圧 (MPa) と平均照度 (lx) との関係を示すグラフである。この照度の測定は、次のようにして行った。図 34 に示したような反射鏡にランプを組み込んで、適切な光学系を用いてスクリーンに光を照射した状態で、スクリーンを等面積の 9 つの面に分割し、それぞれの面の中心で照度を測定した。9 つの照度の平均値をランプの平均照度とし、それをランプの照度の指標とした。

【0140】図 35 からわかるように、動作圧が大きくなるにつれ、照度も大きくなっていく。動作圧を 19 MPa から 40 MPa に上げることにより、照度が約 14 % 向上した。したがって、40 MPa のランプを用いれば、従来よりも、より明るい画像投影装置を実現することができる。近年、スクリーンの明るさがより強く要求されてきているので、この照度を約 14 % 向上できることは、既存の技術のブレイクスルーの一つになり得る意味合いも持っている。

(他の実施形態) 上記実施形態では、発光物質として水銀を使用する水銀ランプを高圧放電ランプの一例として説明したが、本発明は、封止部 (シール部) によって発光管の気密を保持する構成を有するいずれの高圧放電ランプにも適用可能である。例えば、金属ハロゲン化物を封入したメタルハライドランプやキセノンなどの高圧放電ランプにも適用することができる。メタルハライドランプ等においても、耐圧が向上すればするほど好ましいからである。つまり、リーク防止やクラック防止を図る

ことにより、高信頼性で長寿命のランプを実現することができるからである。また、水銀だけでなく金属ハロゲン化物も封入されているメタルハライドランプに、上記実施形態の構成を適用する場合には、次のような効果も得られる。すなわち、第 2 のガラス部 7 を設けることにより、封止部 2 内における金属箔 4 の密着性を向上させることができ、金属箔 4 と金属ハロゲン化物 (または、ハロゲンおよびアルカリ金属) との反応を抑制することが可能となり、その結果、封止部の構造の信頼性を向上させることができる。特に、図 1、図 8 や図 10 に示した構成のように、金属棒 3 の部分に第 2 のガラス部 7 が位置している場合には、金属棒 3 と封止部 2 のガラスの間にある僅かな隙間から侵入して金属箔 4 に反応して箔の脆化をもたらす金属ハロゲン化物のその侵入を第 2 のガラス部 7 により効果的に軽減させることが可能となる。このように、上記実施形態の構成は、メタルハライドランプに好適に適用可能である。

【0141】近年、水銀を封入しない無水銀メタルハライドランプの開発も進んでいるが、そのような無水銀メタルハライドランプに、上記実施形態の技術を適用することも可能である。以下、さらに詳述する。

【0142】上記実施形態の技術が適用された無水銀メタルハライドランプとしては、図 1 図 26 または図 27 に示した構成において、発光管 1 内に、水銀が実質的に封入されてなく、かつ、少なくとも、第 1 のハロゲン化物と、第 2 のハロゲン化物と、希ガスとが封入されているものが挙げられる。このとき、第 1 のハロゲン化物の金属は、発光物質であり、第 2 のハロゲン化物は、第 1 のハロゲン化物と比較して、蒸気圧が大きく、かつ、前記第 1 のハロゲン化物の金属と比較して、可視域において発光しにくい金属の 1 種または複数種のハロゲン化物である。例えば、第 1 のハロゲン化物は、ナトリウム、スカンジウム、および希土類金属からなる群から選択された 1 種または複数種のハロゲン化物である。そして、第 2 のハロゲン化物は、相対的に蒸気圧が大きく、かつ、第 1 のハロゲン化物の金属と比較して、可視域に発光しにくい金属の 1 種または複数種のハロゲン化物である。具体的な第 2 のハロゲン化物としては、Mg、Fe、Co、Cr、Zn、Ni、Mn、Al、Sb、Be、Re、Ga、Ti、Zr および Hf からなる群から選択された少なくとも一種の金属のハロゲン化物である。そして、少なくとも Zn のハロゲン化物を含むような第 2 のハロゲン化物がより好適である。

【0143】また、他の組み合わせ例を挙げると、透光性の発光管 (気密容器) 1 と、発光管 1 内に設けられた一対の電極 3 と、発光管 1 に連結された一対の封止部 2 とを備えた無水銀メタルハライドランプにおける発光管 1 内に、発光物質である ScI₃ (ヨウ化スカンジウム) および NaI (ヨウ化ナトリウム) と、水銀代替物質である InI₃ (ヨウ化インジウム) および TlI

(ヨウ化タリウム)と、始動補助ガスとしての希ガス(例えば1.4MPaのXeガス)が封入されているものである。この場合、第1のハロゲン化物は、ScI₃(ヨウ化スカンジウム)、NaI(ヨウ化ナトリウム)となり、第2のハロゲン化物は、InI₃(ヨウ化インジウム)、TlI(ヨウ化タリウム)となる。なお、第2のハロゲン化物は、比較的蒸気圧が高く、水銀の役割の代わりを担うものであればよいので、InI₃(ヨウ化インジウム)等に代えて、例えば、Znのヨウ化物を用いても良い。

【0144】このような無水銀メタルハライドランプにおいて、上記実施形態1の技術が好適に適用可能な理由を次に説明する。

【0145】まず、Hgの代替物質(Znのハロゲン化物など)を用いた無水銀メタルハライドランプの場合、有水銀のランプと比べて、効率が低下する。効率を上げるためには、点灯動作圧を上げることが非常に有利に働く。上記実施形態のランプの場合、耐圧を向上させた構造であるので、希ガスを高圧封入できるので、簡便に効率を向上させることができるので、実用化可能な無水銀メタルハライドランプを容易に実現することができる。この場合、希ガスとしては、熱伝導率の低いXeが好ましい。

【0146】そして、無水銀メタルハライドランプの場合、水銀を封入しない関係上、有水銀のメタルハライドランプよりも、ハロゲンを多く封入する必要がある。したがって、電極棒3付近の隙間を通して金属箔4まで達するハロゲンの量も多くなり、ハロゲンが金属箔4(場合によっては、電極棒3の根本部分)と反応する結果、封止部構造が弱くなり、リークが生じやすくなる。図26および図27に示した構成では、電極棒3の表面を金属膜30(またはコイル40)で被覆しているので、電極棒3とハロゲンとの反応を効果的に防止することができる。また、図1のように、電極棒3の周辺に第2のガラス部7が位置している構成の場合、その第2のガラス部7によって、ハロゲン化物(例えば、Scのハロゲン化物)の侵入を防ぐことができ、それによって、リークの発生を防止することが可能となる。それゆえ、上記実施形態の構造を備えた無水銀メタルハライドランプの場合、従来の無水銀メタルハライドランプよりも、高効率化および長寿命化を図ることができる。このことは、一般照明用のランプに広く言えることである。車の前照灯用のランプについていえば、さらに次のような利点がある。

【0147】車の前照灯に使用する場合、スイッチをONした次の瞬間に、100%の光を得たいという要求がある。この要求に応えるには、希ガス(具体的には、Xe)を高圧で封入することが効果的である。しかしながら、通常のメタルハライドランプでXeを高圧で封入すれば、破裂の可能性が高まる。これは、より高度の安全

性が求められる前照灯用のランプとしては好ましくない。つまり、夜間における前照灯の故障は、車の事故につながるからである。上記実施形態の構造を備えた無水銀メタルハライドランプの場合には、耐圧が向上させた構造となっているので、そのような高圧のXeの封入でも、安全性を確保しながら、点灯の始動性を向上させることができる。また、長寿命化も図られているので、前照灯用としてより好適に適用可能となっている。

【0148】さらに、上記実施形態では、水銀蒸気圧が20MPa程度または30MPa程度以上の場合(いわゆる超高圧水銀ランプの場合)について説明したが、上述したように、水銀蒸気圧が1MPa程度の高圧水銀ランプに適用することを排除するものではない。つまり、超高圧水銀ランプおよび高圧水銀ランプを含む高圧放電ランプ全般に適用できるものである。なお、今日の超高圧水銀ランプと呼ばれるものの水銀蒸気圧は、15MPaまたはそれ以上(封入水銀量150mg/ccまたはそれ以上)である。

【0149】動作圧力が極めて高くても安定して動作できるということは、ランプの信頼性が高いことを意味するので、本実施形態の構成を、動作圧力のそれほど高くないランプ(ランプの動作圧力が30MPa程度未満、例えば、20MPa程度～1MPa程度)に適用した場合、当該動作圧力で動作するランプの信頼性を向上させることができる。

【0150】高い耐圧強度を実現できるランプの技術的意義をさらに説明すると、次の通りである。近年、より高出力・高電力の高圧水銀ランプを得るために、アーク長(電極間距離)が短いショートアーク型の水銀ランプ(例えば、電極間距離が2mm以下)の開発が進んでいるところ、ショートアーク型の場合、電流の増大に伴って電極の蒸発が早くなることを抑制するために、通常よりも多くの水銀量を封入する必要がある。上述したように、従来の構成においては、耐圧強度に上限があったため、封入水銀量にも上限(例えば、200mg/cc程度以下)があり、さらなる優れた特性を示すようなランプの実現化に制限が加えられていた。本実施形態のランプは、そのような従来における制限を取り除け得るものであり、従来では実現できなかった優れた特性を示すランプの開発を促進させることができるものである。本実施形態のランプにおいては、封入水銀量が200mg/cc程度を超える、300mg/cc程度またはそれ以上のランプを実現することが可能となる。

【0151】なお、上述したように、封入水銀量が300～400mg/cc程度またはそれ以上(点灯動作圧30～40MPa)を実現できる技術というのは、特に点灯動作圧20MPaを超えるレベルのランプ(すなわち、今日の15MPa～20MPaのランプを超える点灯動作圧を有するランプ。例えば、23MPa以上または25MPa以上のランプ)について、その安全性およ